

Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis

Studia Logopaedica 8 (2024)

ISSN 2083-7283

DOI 10.24917/20837283.8.4

Piotr Koprowski

MoveConcept Physiotherapy, Kraków

ORCID 0009-0006-4122-3245

Anna Siudak

MoveConcept Physiotherapy, Kraków

ORCID 0000-0002-1986-9078

Trening miofunkcyjny w ujęciu fizjologii wysiłku fizycznego¹

Myofunctional training in terms of exercise physiology

Streszczenie

Terapia ruchem, rozumiana jako specyficzny trening mięśniowy, jest kluczowym narzędziem w terapii aparatu ruchu, a więc również w obrębie miofunkcyjnych działań logopedycznych. Termin 'trening miofunkcyjny' wskazuje kierunek, w którym należy upatrywać trwałych rozwiązań problemów ruchowych. Niniejszy artykuł ma na celu zarysowanie podstaw fizjologii mięśni, stanowiąc bazę do rozwijania wiedzy terapeutów i stosowania zagadnień fizjologii wysiłku fizycznego w kontekście planowania terapii lub – precyzyjniej mówiąc – programowania treningu miofunkcyjnego.

Słowa kluczowe: trening miofunkcyjny, terapia, zaburzenia miofunkcyjne

Abstract

Movement therapy, understood as specific muscle training, is a key tool in the treatment of the musculoskeletal system, and therefore also within myofunctional speech therapy activities. The term 'myofunctional training' is meant to indicate the direction in which to look for lasting solutions to movement problems. This article aims to outline the basics of muscle

¹ Niniejszy artykuł jest wynikiem wspólnych zainteresowań terapeutycznych oraz naukowych specjalistów MoveConcept Physiotherapy w Krakowie opiekujących się pacjentami ze złożonymi problemami miofunkcyjnymi, posturalnymi, ortodontycznymi, laryngologicznymi itp. Wspólne działania terapeutyczne skłoniły autorów do poszukiwania wiedzy na temat interferencyjnych rozwiązań terapeutycznych w zakresie logopedyczno-fizjoterapeutycznej pracy z układem ruchu, także w obszarze traktu ustno-twarzowego.

physiology, providing a basis for developing therapists' knowledge and application of exercise physiology issues in the context of therapy planning or, more precisely, myofunctional training programming.

Keywords: myofunctional training, therapy, myofunctional disorders

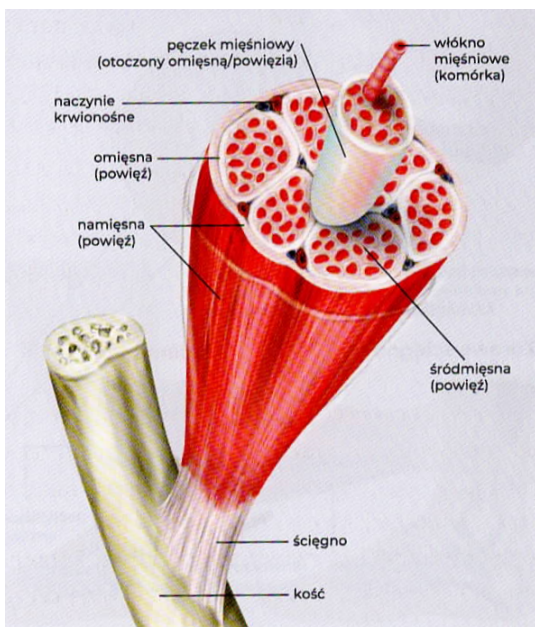
Wprowadzenie

Niniejszy artykuł wprowadza w zagadnienia związane z koncepcją treningu miofunkcjonalnego, który dotąd stanowił integralną część terapii miofunkcjonalnej. Termin 'terapia miofunkcjonalna' (miotterapia) został zaproponowany przez ortodontę B.E. Lishera w 1934 roku (Cottingham, 1976) w odniesieniu do ćwiczeń mięśni twarzy postulowanych przez amerykańskiego badacza A.P. Rogersa na początku XX w. (Rogers, 1918). Współcześnie rozumiany jest jako usprawnianie mięśni, którego celem jest przeciwdziałanie zaburzeniom układu oralnego lub usuwanie jego zaburzeń (Rządźka, 2019). Z uwagi na różnorodność problemów prezentowanych przez pacjentów miotterapia stosuje obecnie szereg oddziaływań (m.in. terapie manualne, trening funkcjonalny, techniki usprawniające motorykę narządów mowy, elektrostymulację, kinesiotaping itp.). Uwzględnwszy jednak zasadność podejścia fizjologicznego, autorzy proponują wyodrębnienie w obszarze terapii miofunkcjonalnej także treningu miofunkcjonalnego, którego specyfika powinna koncentrować się wokół analizy ruchu i jego funkcji na podstawie najnowszych doniesień naukowych EBM (*Evidence Based Medicine*).

Fizjologia mięśni szkieletowych

Mięsień szkieletowy, inaczej poprzecznie prążkowany, jest strukturą o złożonej, pęczkowej budowie, która dzięki zdolności skracania i wydłużania się w wyniku reakcji na stymulację nerwową umożliwia organizmowi ruch lub utrzymanie pozycji ciała bądź też jego części. Do mięśni szkieletowych, ze względu na budowę oraz rozmieszczenie przyczepów, zaliczane są także mięśnie traktu orofacjalnego, tj. mięśnie mimiczne, mięśnie żucia, mięśnie podniebienia, mięśnie nad- i podgnykowe, a także mięśnie języka (Wacka i in., 2024; Norton, 2018; Masgutowa, Regner, 2018; Narkiewicz, Moryś, 2010).

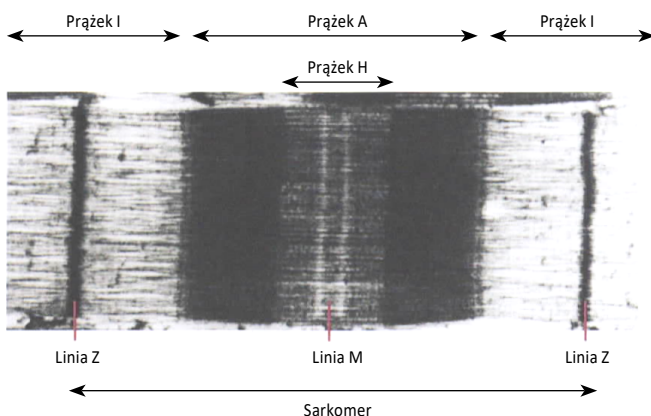
Poczynając od analizy struktury mięśni na poziomie histologicznym podstawową jednostką budulcową mięśnia jest włókno mięśniowe (*miocyt*). Włókna mięśniowe otoczone są śródmięsną (*endomysium*), zapewniającą wsparcie struktury i utrzymanie kształtu włókien mięśniowych. Zawarte w niej nerwy i naczynia włosowate dotleniają i odżywiają mięsień. Komórki mięśniowe grupowane są w pęczki składające się zwykle z ok. 20 miocytów. Pęczki zaś otoczone są omięsną (*perimysium*) zawierającą kolagen i elastynę, które zapewniają wytrzymałość i elastyczność mięśnia. Z poziomu *perimysium* naczynia krwionośne i nerwy rozgałęziają się do *endomysium*. Kształt oraz integralność strukturalną mięśniowi nadaje tkanka łączna zbita, tj. namięsna (*epimysium*), która tworzy powięź mięśnia. Namięsna zachowuje ciągłość ze ścięgnami, ułatwiając przenoszenie siły z mięśnia na układ kostny (Wacka i in., 2024; Zhang i in., 2021; Górski, 2019).



Ryc. 1. Struktura mięśni szkieletowych

Źródło: Walters, Cordoza (2024).

W obrazie mikroskopowym mięśnie szkieletowe odznaczają się charakterystycznymi poprzecznymi prążkami o powtarzalnej, sekwencyjnej formie uporządkowania białek kurczliwych składających się na tzw. miofibryle. Dzięki temu pomiędzy dwiema kolejnymi liniami „Z” w miofibryli można wyodrębnić podstawową jednostkę anatomiczną i czynnościową mięśnia, czyli sarkomer (ryc. 2) (Wacka i in., 2024; Górski, 2019).



Ryc. 2. Mikroskopowy obraz sarkomeru

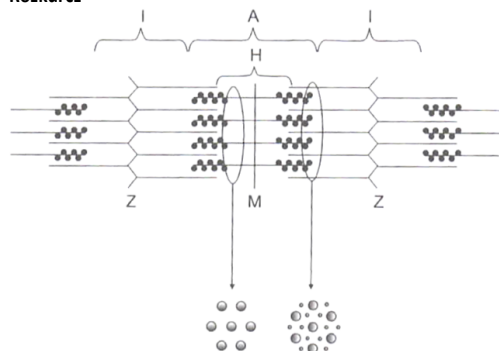
Źródło: Wacka i in. (2024).

Widoczne w sarkomerze prążki są odzwierciedleniem charakterystycznego rozkładu białek kurczliwych miozyny (filamenty grube) oraz aktyny (filamenty cienkie)², których specyficzny układ i połączenie umożliwiają występowanie między nimi mechanizmu ślizgowego. Dzięki przesunięciu łańcuchów miozynowych względem aktynowych dochodzi do zmiany wymiarów mięśnia. W obrębie pojedynczego sarkomeru wyróżnia się kolejno:

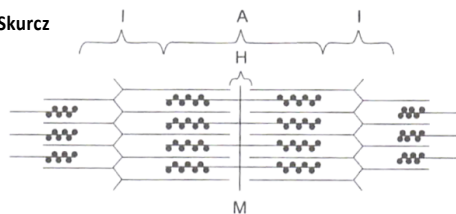
- prążek I (jasny, po obu stronach sarkomeru) – zawiera ułożone w rzędach części filamentów aktynowych, połączonych z linią Z, nienachodzących na filamenty miozynowe,
- prążek A (ciemny) – zawiera ułożone w rzędach naprzemiennie filamenty aktynowe i miozynowe.

W obrazie mikroskopowym miocytu w fazie skurczu możemy zaobserwować skracanie się prążków I oraz prążka H³. Liczba wytworzonych mostków poprzecznych koreluje z ilością siły wytwarzanej przez mięsień. Jeśli sarkomer jest zbyt rozciągnięty lub skrócony, zmniejsza się możliwa do utworzenia ilość mostków poprzecznych, w wyniku czego produkowana jest mniejsza siła (ryc. 3) (Wacka i in., 2024; Hargreaves, Spriet, 2020; Górski, 2019; Rassier, 2017; Johnson, 2003).

Rozkurcz



Skurcz



Ryc. 3. Sarkomer w momencie rozkurczu i skurczu

Źródło: Górski (2019).

² Filament – włókno białkowe.

³ W obrębie prążka A widoczny jest prążek H (przejaśnienie w centrum prążka A), składający się z samych filamentów miozynowych, i linia M, dzieląca sarkomer na pół, stanowiąca

Nie wszystkie włókna mięśniowe mięśni szkieletowych są identyczne. Ze względu na pewne różnice wyodrębnia się włókna typu I i typu IIa oraz IIx. Typ I nazywany jest wolnokurczliwym, gdyż osiąga maksymalne napięcie w 80–110 ms od stymulacji; w przeciwieństwie do typu II, szybko kurczliwego, który do szczytu napięcia dochodzi w 30–50 ms. Komórki mięśniowe typu I (ST – *slow twitch*) bazują na wytwarzaniu energii w procesie przemian tlenowych. Sprawnie produkują ATP w wyniku utleniania węglowodanów i tłuszczów. Mają zdolność do utrzymywania aktywności mięśniowej przez dłuższy czas, dlatego sprawdzają się w większości codziennych aktywności (jak chodzenie), o niskiej potrzebie wytwarzania siły mięśniowej. Te właściwości czynią je włóknami rekrutowanymi najczęściej.

Tab. 1. Rodzaje włókien mięśniowych

Typ włókna	Rodzaj włókien	Szybkość skurczu	Cechy charakterystyczne	Rodzaj wysiłku
Typ I	Wolnokurczliwe, energia pochodzi z przemian tlenowych	80–110 ms	Utrzymują aktywność przez dłuższy czas, wytrzymałe, rekrutowane jako pierwsze	Utrzymanie postawy/ pozycji ciała, spacer
Typ IIa	Szybkokurczliwe, energia pochodzi z przemian tlenowych i beztlenowych	30–50 ms	Nie są wytrzymałe, silne, męczliwe, rzadziej rekrutowane	Wychodzenie po schodach
Typ IIx	Szybkokurczliwe, energia pochodzi z przemian beztlenowych	20–30 ms	Najrzadziej rekrutowane, krótkotrwałe, intensywne aktywności	Sprint do autobusu

Źródło: opracowanie własne na podst. Wacka i in. (2024).

Komórki mięśniowe typu II (FT – *fast twitch*) nie mają dużej wytrzymałości, jednak przy braku odpowiedniej ilości tlenu potrafią oprzeć proces wytwarzania energii (ATP) na przemianach beztlenowych. Włókna mięśniowe typu II mają zdolność do uzyskania znacznie większej siły niż włókna typu I, ale również łatwiej się męczą, przez co są rekrutowane rzadziej niż włókna ST, a ich przeznaczeniem jest udział

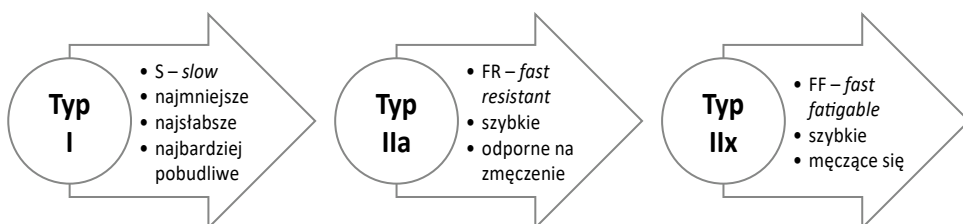
miejsce przyczepu filamentów miozynowych po obu stronach sarkomeru (ryc. 2) (Ciężczyk, 2024; Willingham i in., 2020; Górski, 2019). W mechanizmie skurczu mięśnia dochodzi do przemieszczania się względem siebie filamentów cienkich i grubych, które pociągają za sobą linię M i linię Z sarkomeru, zbliżając je do siebie. Skurcz mięśnia inicjowany jest przez pobudzenie motoneuronu unerwiającego dane włókno. Dochodzi do depolaryzacji błony komórkowej miocytu i uwalniania jonów wapnia (Ca^{2+}). Zwiększone stężenie jonów wapniowych w płynie komórkowym komórki mięśniowej „odblokowuje” aktywną, umożliwiając przyłączenie do niej główek miozyny za pośrednictwem mostków poprzecznych. Główki miozyny wprawiane są w ruch dzięki hydrolizie ATP (adenozynotrifosforanu – cząsteczka dostarczająca energię) do ADP (adenozynodifosforanu) i reszty fosforanowej. Główki miozyny, rotując się, przesuwają filamenty aktynowe ku linii M.

w aktywnościach o wyższej intensywności i krótszym czasie trwania (sprint do uciekającego autobusu, wchodzenie po schodach z ciężkimi zakupami). Komórki mięśniowe typu IIa uzyskują energię z przemian tlenowych oraz beztlenowych. Dedykowane są do wysiłku o wysokiej intensywności z komponentą wytrzymałościową (np. pływanie na 400 m, bieg na 800 m). Komórki mięśniowe typu IIx czerpią energię wyłącznie w wyniku przemian beztlenowych. Są one rekrutowane najrzadziej spośród wymienionych rodzajów miocytów i biorą udział w aktywnościach krótkotrwałych o wysokiej intensywności (np. sprint na 100 m).

Mięśnie szkieletowe składają się średnio z około połowy włókien typu I. Pozostałe 50% przypada niemal po równo na włókna typu IIa i IIx. Wartości średnie nie oddają jednak ogólnego obrazu, gdyż poszczególne mięśnie znacząco różnią się składem. Występuje również w tym aspekcie duże zróżnicowanie osobnicze (Wacka i in., 2024; Górski, 2019).

Rekrutacja, czyli angażowanie odpowiedniej ilości włókien mięśniowych do skurczu, odbywa się za pośrednictwem jednostek motorycznych, będących najmniejszymi funkcjonalnymi składowymi układami nerwowo-mięśniowego. W skład jednostki motorycznej wchodzi jeden motoneuron oraz unerwiane przez niego komórki mięśniowe. Pobudzenie jednego motoneuronu powoduje uruchomienie wszystkich włókien mięśniowych, które unerwia. Liczba rekrutowanych jednostek motorycznych zależy od tego, jak wymagająca jest dana aktywność. Przy wysiłku o wzrastającej intensywności rekrutowane są kolejno włókna typu I, następnie włókna IIa i na końcu włókna IIx. W kontekście jednostek motorycznych mówimy o zasadzie wielkości, według której pierwsze pobudzane są motoneurony małe (najmniejsze), ale za to bardziej pobudliwe, a w miarę wzrastania intensywności aktywności motoneurony coraz większe (coraz silniejsze), ale za to mniej pobudliwe.

Jednostkami motorycznymi najmniejszymi, a w efekcie – najmniejszymi, są jednostki motoryczne typu I (wolne, *slow* – S) składające się z od kilku do 300 włókien mięśniowych. Od nich zaczyna się rekrutacja rozpoczynająca aktywność mięśnia. Następnie aktywują się większe jednostki motoryczne typu IIa (szybkie, odporne na zmęczenie, *fast resistant* – FR), a na końcu największe jednostki motoryczne typu IIx (szybkie, szybko męczące się, *fast fatigable* – FF). Jednostki motoryczne typu drugiego zawierają więcej niż 300 miocytów (ryc. 4.) (Wacka i in., 2024; Górski, 2019).



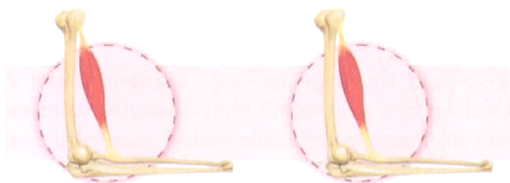
Ryc. 4. Rekrutacja jednostek motorycznych przy wysiłku o wzrastającej intensywności

Źródło: opracowanie własne na podst. Wacka i in. (2024); Górski (2019).

Fizjologia pracy mięśnia

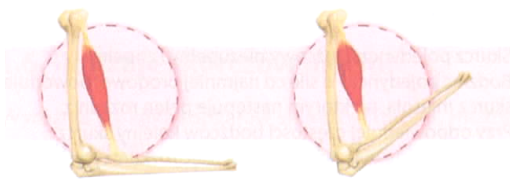
Ze względu na częstotliwość pobudzeń mięśnie mogą reagować różnymi rodzajami skurczu. Reakcja komórki mięśniowej na jedno pobudzenie to skurcz pojedynczy. Odpowiedź mięśnia na serię pobudzeń o maksymalnej częstotliwości to skurcz tężcowy zupełny, a gdy częstotliwość jest mniejsza i pozwala na nieznaczny rozkurcz pomiędzy pobudzeniami, powstaje skurcz tężcowy niezupełny (Wacka i in., 2024, Górski, 2019; Johnson, 2003). Z kolei ze względu na rodzaj wykonywanej pracy skurcze mięśni można podzielić na:

1. Skurcz izometryczny mięśnia – charakteryzuje się brakiem zmiany długości mięśnia pomimo zmiennego napięcia.
2. Skurcz izotoniczny mięśnia oznacza, iż jego napięcie się nie zmienia, ale zmienia jego długość. W obrębie skurczów izotonicznych wyróżnia się:
 - a) skurcze koncentryczne, w których dochodzi do skracania mięśnia,
 - b) ekscentryczne, podczas których mięsień się wydłuża.
3. Skurcz auksotoniczny mięśnia – to skurcz mieszany, zawierający zarówno elementy izometryczne, jak i izotoniczne. Skurcze te stanowią znakomitą większość skurczów mięśniowych mięśni poprzecznie prążkowanych (ryc. 6) (Wacka i in., 2024; Ozon i in., 2021; Górski, 2019).



Ryc. 5. Skurcz izometryczny mięśnia: skurcz mięśni bez zmiany długości mięśnia

Źródło: Wacka i in. (2024).



Ryc. 6. Skurcz izotoniczny mięśnia: skurcz mięśni i skrócenie włókien mięśniowych

Źródło: Wacka i in. (2024).

Siła skurczu mięśnia zależy od wielu czynników, pośród których podstawowymi są liczba pobudzanych jednostek motorycznych oraz częstotliwość pobudzeń. Wpływ na generowanie siły ma również przekrój włókna mięśniowego (grubszy miocyt zawiera więcej sarkomerów) oraz ułożenie mięśnia w przestrzeni (wstępnie rozciągnięty mięsień optymalizuje działanie mechanizmu ślizgowego).

Fizjologia treningu mięśniowego

Istotą treningu mięśniowego jest adaptacja mięśnia do wyznaczonych obciążeń wynikających z postawionych celów. Celem terapeutycznym treningu mięśni będzie osiągnięcie ich wydolności funkcjonalnej w zakresie poprawy parametrów siły, mocy i wytrzymałości. Parametry rozumiane są jako:

1. siła mięśniowa – odzwierciedla się w zdolności mięśnia do pokonania oporu zewnętrznego;
2. moc – to zdolność do wytwarzania siły w jednostce czasu;
3. wytrzymałość mięśniowa – to umiejętność utrzymania skurczu w jednostce czasu lub długotrwale powtarzające się skurcze mięśnia.

American College of Sports Medicine (ACSM) stworzył termin sprawności mięśniowej, w skład której wchodzi siła, moc i wytrzymałość mięśniowa. Na potrzeby niniejszej pracy (w związku z ograniczeniami objętościowymi artykułu) przedmiotem dalszej analizy pozostaną parametry najbardziej intuicyjne, to znaczy siła i wytrzymałość (Jastrzębski, 2024).

Trening siły mięśniowej bazuje w swojej istocie na ćwiczeniach o charakterze oporowym. Opór może stanowić przyrząd do treningu (w klasycznym treningu sztanga, taśma oporowa lub własny ciężar ciała) bądź – co charakterystyczne dla ćwiczeń miodfunkcyjnych – dłonie terapeuty lub pacjenta⁴. By zindywidualizować proces wzmacniania mięśnia, jeśli tylko jest to możliwe, istotne będzie określenie maksymalnego oporu, który ten mięsień (lub grupa mięśni) jest w stanie pokonać. W klasycznym treningu siły mięśniowej określa się go jako 1-RM (*one-repetition maximum*), CM (ciężar maksymalny) lub PR (*personal record*). Na potrzeby niniejszej pracy określeniem najbardziej adekwatnym, oddającym charakter mięśni w obrębie traktu orofacjalnego wydaje się określenie: opór maksymalny (OM). Parametr ten w połączeniu z liczbą powtórzeń w serii będzie ważnym czynnikiem w kontekście programowania treningu. Istotną informacją jest fakt, iż od liczby powtórzeń będzie zależał rodzaj adaptacji, którą terapeuta będzie chciał uzyskać. Największą poprawę siły uzyskuje się, stosując ćwiczenia o charakterze koncentrycznym z uwzględnieniem ćwiczeń ekscentrycznych. Ćwiczenia izometryczne w budowaniu siły mięśniowej mogą mieć korzystną rolę, ale nie powinny stanowić trzonu treningu (Jastrzębski, 2024; Walters, Cordoza, 2024; Bompa, Buzzichelli, 2022; Rippetoe, 2017). Oznacza to, że wśród ćwiczeń stosowanych w mioterapii, poza ćwiczeniami o niskiej intensywności, mającymi charakter torowania prawidłowego ruchu mięśnia, swoje miejsce powinien mieć również trening miodfunkcyjny, prowokujący mięśnie do wielokrotnie powtarzalnego skurczu przeciwko odpowiednio dobranemu oporowi.

Bieżące dane wskazują, że trening siły mięśniowej zwykle odbywa się w zakresie 3–5 serii, 1–5 powtórzeń, > 85% OM, 2–5 min odpoczynku, 2–4 razy w tygodniu (Walters, Cordoza, 2024). Trening wytrzymałości mięśniowej charakteryzuje się niższymi obciążeniami i dłuższym czasem trwania wysiłku (Jastrzębski, 2024; Walters,

⁴ Ćwiczenia wykonywane z pacjentem z zastosowaniem oporu wytwarzanego przez dłonie terapeuty winny być definiowane jako trening oporowy dla danego mięśnia lub grupy mięśniowej.

Cordoza, 2024). Poprawę wytrzymałości mięśni możemy uzyskać również w obrębie treningu oporowego, stosując 3–5 serii, 12–20 i więcej powtórzeń, < 65% OM, 30–60 sekund odpoczynku, 2–4 razy w tygodniu (Jastrzębski, 2024; Walters, Cordoza, 2024). Jest to trening wytrzymałości lokalnej, mający na celu poprawę tego parametru w konkretnym sektorze ciała, gdzie nie da się zastosować ogólnych zasad dla treningu wytrzymałości o charakterze ogólnoustrojowym bazującym na częstotliwości skurczów serca lub maksymalnym poborze tlenu – będzie się to odnosiło do treningu miofunkcjonalnego. Zestawienie parametrów treningowych obrazuje tabela 2.

Tab. 2. Parametry treningu

Parametry treningowe ⁵	Siła mięśniowa	Wytrzymałość mięśniowa
Serie	3–5 serii	3–5 serii
Liczba powtórzeń	1–5 powtórzeń	12–20 powtórzeń
Regeneracja	2–5 min odpoczynku	30–60 sek. odpoczynku
Mo – maksymalne obciążenie (opór)	> 85% mo	< 65% mo
Częstotliwość	2–4 razy w tygodniu	2–4 razy w tygodniu

Źródło: opracowanie własne na podst. Walters, Cordoza (2024).

W trakcie rehabilitacji przeważnie stosuje się ćwiczenia ruchowe w formie 3 serii po 10–15 powtórzeń (Walters, Cordoza, 2024). W praktyce gabinetu fizjoterapii ten lub podobne schematy (np. utrzymanie określonej pozycji przez 30 sek. w 3 seriach albo 10 powtórzeń z utrzymaniem pozycji przez 10 sek.) stosuje się do ćwiczeń codziennych, o charakterze reedukacyjnym, których czas trwania jako forma zadania domowego dla pacjenta nie powinien przekraczać 15–20 min. Podczas prowadzenia z pacjentem terapii ruchem poszerzenie jej o formy treningu o charakterze siłowym lub wytrzymałościowym może stanowić element umożliwiający przyspieszenie osiągnięcia wyznaczonego celu terapeutycznego. Efektem regularnego treningu jest zwiększenie stężenia enzymów usprawniających resyntezę ATP. Zwiększa się też ilość energii gromadzonej w komórkach mięśniowych (zwiększają się rezerwy ATP i glikogenu w komórkach). Odpowiednio ukierunkowany trening może spowodować, iż część włókien wolnokurczliwych nabierze w pewnym stopniu cech włókien szybko-kurczliwych i odwrotnie. Regularny trening o charakterze siłowym prowadzi również do szybszego angażowania większej liczby jednostek motorycznych i przyrostu masy mięśniowej. Ten aspekt może również stanowić formę urozmaicenia, a zauważalne efekty będą podnosić motywację pacjenta do kontynuowania terapii (Rippetoe, Baker, 2017; Miranda i in., 2017; Wilson i in., 2012).

⁵ Proces treningu mięśniowego podlega progresji, co oznacza, że parametry w obrębie programowanych ćwiczeń ulegają zmianom wraz z realizacją zaplanowanej pracy. Podstawowymi zmiennymi treningu w obrębie ordynowanych ćwiczeń są objętość oraz intensywność. Dobierając ćwiczenia oraz zmieniając w czasie ich objętość i intensywność, warto przyporządkować je do trenowanego parametru: siły lub wytrzymałości.

Fizjologiczne podstawy treningu miodfunkcjonalnego

Mięśnie, które stanowią przedmiot zainteresowania logopedów oraz fizjoterapeutów stomatologicznych, różnią się w większości od pozostałych mięśni ciała. Nie posiadają one powięzi mięśni, która oddziela strukturę mięśnia od okolicznych tkanek. Mięśnie te są również uboższe w ilość wrzecion mięśniowych. Ze względu na brak ścięgien nie posiadają receptorów ścięgniowych. Jest to związane z ich funkcją oraz mniejszą szansą na uszkodzenie w wyniku przeciążenia. Jednak ze względu na to, iż są to mięśnie, które w swojej budowie oraz metabolizmie nie różnią się znacznie od pozostałych mięśni ciała, będą podlegały podobnym założeniom terapii oraz treningu w kontekście poprawy ich parametrów siłowych i wytrzymałościowych.

Jak wykazują badania, skład procentowy mięśnia w kontekście ilości włókien szybko kurczliwych i wolno kurczliwych w pewnym stopniu odzwierciedla jego rolę w organizmie. Na przykład mięśnie dedykowane do utrzymania postawy ciała, czyli pracy długotrwałej, mają stosunkowo większy odsetek włókien wolno kurczliwych (Rippetoe, Baker, 2017). Analiza morfologiczna składu mięśni wewnętrznych języka wykazała, iż różni się on od mięśni kończyn czy żucia i najpewniej odzwierciedla swoją specjalizację w obrębie jamy ustnej. Mięśnie wewnętrzne języka średnio zawierają ok. 60% włókien typu II (większość typu IIa) (Stål i in., 2003). Oznacza to, że narząd ten jest ze swej specyfiki fizjologicznej predysponowany do działań wymagających większej siły. Włókna szybko kurczliwe będą się lepiej rozwijać, jeśli trening mięśniowy będzie miał mniejszą objętość (mniejszą liczbę powtórzeń), ale większą intensywność (obciążenie). Dla porównania – jak udowodnili Eriksson i Thornell – mięsień żwacz składa się głównie z włókien mięśniowych typu I (61,6–71,8%), dzięki czemu ma większą odporność na zmęczenie⁶. Z uwagi na predyspozycje fizjologiczne trening mięśni żujących powinien przystosowywać je do długotrwałego wysiłku o niskiej i średniej intensywności, ale z większą liczbą powtórzeń, co sprzyja zwiększeniu wytrzymałości. Z przytoczonych danych wynika, że trening ruchowy, zaplanowany zgodnie z fizjologią pracy mięśni, powinien uwzględniać nie tylko rolę mięśnia, lecz także niezbędne parametry treningowe, które umożliwią hipertrofię mięśniową⁷, tj. rodzaj wykonywanej pracy oraz wydolność funkcjonalną.

Trening miodfunkcjonalny

Pacjenci z zaburzeniami funkcji jamy ustnej (takimi jak: oddychanie, połykanie, artykulacja) prezentują szereg patologii w napięciu mięśniowym obszaru ustno-twarzowego (zob. Siudak, Prażak, 2023; Koprowski, 2023). Według filozofii MFS u podłoża zaburzeń miodfunkcjonalnych pojawiających się w rozwoju dziecka leży nieprawidłowy

⁶ W tym samym badaniu stwierdzono, że w mięśniu skroniowym średni rozkład włókien typu ST i FT oscyluje w okolicach równych proporcji (Eriksson, Thornell, 1983). Należy jednak dodać, że mięsień ten jest nie tylko największym i najsilniejszym mięśniem żującym, lecz także działa przeciwko grawitacji, podnosząc żuchwę oraz m.in. utrzymując jej prawidłową pozycję (Norton, 2018).

⁷ Hipertrofia mięśniowa to proces przyrostu objętości mięśni w wyniku treningu siłowego.

tor oddychania (Duran von Arx, Oško, 2024). Otwarta jama ustna niesie ze sobą liczne konsekwencje m.in. nieprawidłową pozycję spoczynkową języka oraz ograniczenia jego mobilności, kompensacje w obszarze pracy mięśni mimicznych, nieprawidłowe napięcia mięśni żucia, a w rezultacie problemy wzrostu i rozwoju twarzoczaszki, wady ortodontyczne, nieprawidłową wymowę, trudności z przyjmowaniem pokarmów, wady postawy itp. (Duran von Arx, Oško, 2024). Wielu autorów podkreśla zatem istotę wczesnej interwencji (Rządźka, 2019). Jednakże w sytuacji patologii, gdy pacjent oddycha nieprawidłowo dłuższy czas, konieczna staje się terapia miofunkcjonalna umożliwiająca przywrócenie prawidłowych funkcji mięśniom układu orofacjalnego. Na skuteczność działań terapeutycznych wpływa wiele czynników m.in. wiek pacjenta i jego gotowość do ćwiczeń, ale także dobór środków terapeutycznych. Istotą planu terapii jest uwzględnienie głębokości patologii na początku oraz świadome progresowanie ćwiczeń wraz z poprawą i zwiększaniem się możliwości pacjenta. Gradacyjne rozumienie planu terapii odsyła do modelu całościowego, uwzględniającego etapy ćwiczeń od najprostszych, prymarnych, początkowych, aż do złożonych, wymagających od pacjenta wielu zautomatyzowanych umiejętności.

Proponowany poniżej ramowy plan postępowania terapeutycznego (tab. 3) został opracowany na podstawie najnowszej wiedzy z zakresu fizjologii, znanych i praktykowanych procedur fizjoterapeutycznych oraz doświadczeń terapeutycznych w pracy z dziećmi z zaburzeniami miofunkcjonalnymi. Istotą prezentowanego modelu jest gradacyjne podejście do ćwiczeń (od najłatwiejszych do najtrudniejszych), co umożliwia pracę z pacjentami z głębokimi zaburzeniami. Model ten może stanowić także pomoc diagnostyczną, jednak zawarte w nim procedury wymagają pogłębionych dalszych analiz oraz badań statystycznych⁸.

Tab. 3. Model treningu miofunkcjonalnego

Ramowy plan postępowania	Cel ćwiczenia	Propozycje ćwiczeń
Etap I	Ćwiczenia aktywacji mięśnia z pomocą bodźców czuciowych mają na celu przewodzenie impulsów nerwowych od receptorów mięśnia do ośrodkowego układu nerwowego (pobudzenie drogi aferentnej).	Stosowanie dodatkowego bodźca w zależności od aktywowanego obszaru (np. mm. języka, m. okrężnego, mm. policzkowych, jarzmowych) polega na skurczu mięśnia (lub mięśni) w miejscu przyłożenia oporu (w tym celu można zastosować dłoń terapeuty lub pacjenta, szpatułkę, guzik, stymulator MFS, płytkę przedsiódkową itp.). Programowanie nerwowo-mięśniowe zakłada, że im większa siła oporująca, tym łatwiej pacjentowi odczuć obszar pracy. INSTRUKCJA SŁOWNNA: „Napnij tu, gdzie dotykam” / „Podnieś mój palec do góry” (w przypadku nacisku na język) itp.

⁸ Obecnie badacze związani z Katedrą Logopedii i Zaburzeń Rozwoju UKEN w Krakowie oraz terapeuci skupieni wokół MoveConcept Physiotherapy w Krakowie prowadzą projekt: „Badanie korelacji napięcia mięśniowego traktu ustno-twarzowego z wadami wymowy”. Data ukończenia projektu – marzec 2025.

Ramowy plan postępowania	Cel ćwiczenia	Propozycje ćwiczeń
Etap I (cd.)	Ćwiczenia aktywacji mięśnia bez dodatkowych bodźców czuciowych mają na celu zautomatyzowanie aktywności danego obszaru.	W sytuacji, gdy pacjent potrafi zaktywizować mięsień pod wpływem bodźca (a zatem doszło do przeprogramowania czuciowo-ruchowej drogi w układzie nerwowym), wykonuje on ruch bez dodatkowej stymulacji. INSTRUKCJA SŁOWNNA: „Napnij...” / „Podnieś...” (np. język) itp.
Etap II	Ćwiczenia utrwalające o charakterze izometrycznym bez stosowania oporu mają na celu skupienie na konkretnej grupie mięśniowej lub słabym ogniwie oraz poprawę aktywacji mięśni.	Kolejnym krokiem terapeutycznym jest utrzymanie wyuczonego skurczu w konkretnej jednostce czasowej. W tym celu mierzymy czas wykonania ćwiczenia prawidłowo (bez kompensacji). Zadaniem pacjenta jest utrwalanie tej umiejętności w codziennych ćwiczeniach w domu, np. utrzymanie języka w pozycji „miscezki” przez 10 sek. w 3 seriach. Czas wykonania ćwiczenia i liczba serii dobierana jest indywidualnie (w zależności od możliwości pacjenta). INSTRUKCJA SŁOWNNA: „Napnij i trzymaj” / „Podnieś i utrzymuj tak długo, jak potrafisz” itp.
Etap III	Ćwiczenia wytrzymałości lokalnej (auksotoniczne, koncentryczne i ekscentryczne) w formie treningu oporowego – (OM < 65%) mają na celu zmianę parametrów wytrzymałościowych.	Świadoma praca mięśni może być (w zależności od celu terapeutycznego) wzbogacona o elementy treningu wytrzymałościowego. Każdy z obszarów traktu ustno-twarzowego może być ćwiczony w inny sposób: w przypadku mięśni mimicznych stosuje się opór dłońmi terapeuty/pacjenta np. poprzez rozciągnięcie lub docisk (techniki ekstra- lub intraoralne) bądź poprzez przyłożenie oporu z użyciem akcesoriów (np. w przypadku mm. języka mogą być to szpatułki lub u bardzo małych dzieci elementy jedzenia). Ćwiczenia wykonujemy w formie np. 5 serii po 15 powtórzeń z odpowiednią progresją w miarę adaptacji mięśni do wysiłku. INSTRUKCJA SŁOWNNA (przykładając opór dłońmi lub narzędziem): „Wygraj ze mną” (skurcz koncentryczny) / „Powoli daj mi wygrać” (skurcz ekscentryczny)
	Ćwiczenia siły (auksotoniczne, z przewagą skurczów koncentrycznych) w formie treningu oporowego – (OM > 85%) mają na celu zmianę parametrów siłowych.	Ćwiczenia koncentryczne (w których zmienia się długość mięśnia) są trudne i wymagają dużej świadomości ze strony pacjenta. W ćwiczeniach intraoralnych stosuje się np. wydłużenie mięśnia, a następnie aktywny skurcz mięśnia z pozycji wydłużenia. Można zastosować również trening koncentryczno-ekscentryczny, kiedy z oporem wykonujemy naprzemiennie ruchy, w których mięsień kolejno skraca się i wydłuża. Ćwiczenia wykonujemy w formie np. 3 serie po 3 powtórzenia z odpowiednią progresją w miarę adaptacji mięśni do wysiłku. INSTRUKCJA SŁOWNNA: (przykładając opór dłońmi lub narzędziem): „Wygraj ze mną” (skurcz koncentryczny) / „Powoli daj mi wygrać” (skurcz ekscentryczny).

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Niniejsza praca stanowi propozycję przeniesienia zasad treningu stosowanych w fizjoterapii ruchowej na obszar terapii miofunkcjonalnej. Wynika ona ze wspólnych cech fizjologicznych mięśni poprzecznie prążkowanych, będących przedmiotem zainteresowania fizjoterapii i logopedii. Należy jednak pamiętać, że zasady treningu zostały podane ramowo, gdyż ten aspekt w kontekście doboru obciążeń i planowania progresji jest skomplikowany i wymaga osobnych badań w kontekście mięśni traktu ustno-twarzowego. Możliwość zastosowania tego rodzaju pracy rzuca światło na potrzeby prowadzenia nowych badań w obrębie treningu miofunkcjonalnego, opartych również na parametrach mierzalnych, jak np. opór maksymalny (OM). Wypracowanie własnych norm i procedur dla treningu miofunkcjonalnego w celu optymalizacji działań będzie dawało konkretne korzyści zarówno pacjentom, jak i terapeutom.

Bibliografia

- Bompa T.O., Buzzichelli C.A. (2022). *Periodyzacja treningu siłowego w sporcie*. Łódź: Galatyka.
- Cięszczyk P. (2024) *Fizjologia wysiłku*. Warszawa: PZWL.
- Cottingham L.L. (1976). Myofunctional therapy. Orthodontics – tongue thrusting – speech therapy. *American Journal of Orthodontics*, 69(6), 679–687.
- Duran Von Arx J., Ośko M. (2024). *Leczenie ortodontyczne wg filozofii MFS. Podejście przy czynowe do problemów wzrostu i rozwoju twarzoczaszki, stymuloterapia*. Katowice: Elemed.
- Eriksson P.-O., & Thornell L.-E. (1983). Histochemical and morphological muscle-fibre characteristics of the human masseter, the medial pterygoid and the temporal muscles. *Archives of Oral Biology*, 28(9), 781–795, [https://doi.org/10.1016/0003-9969\(83\)90034-1](https://doi.org/10.1016/0003-9969(83)90034-1) (dostęp: 2.11.2024).
- Górski J. (2019). Podstawy fizjologii wysiłku. W: J. Górski (red.), *Fizjologia wysiłku i treningu fizycznego* (s. 1–78). Warszawa: PZWL.
- Guimarães T.B., Ferreira M.B., Wakamatsu A., Oliveira S.R., Guimarães A.S., Suazo Galdaes I., & Marie S.N. (2013). Muscle Fiber Type Composition, Fiber Diameter, Capillary Density in Temporalis and Masseter Muscles and Correlation with Bite Force. *International Journal of Morphology*, 31(2), 747–753, <https://doi.org/10.4067/s0717-95022013000200064> (dostęp: 2.11.2024).
- Hargreaves M., Spriet L.L. (2020). Skeletal muscle energy metabolism during exercise. *Nature Metabolism*, 2, 817–828, <https://doi.org/10.1038/s42255-020-0251-4> (dostęp: 2.11.2024).
- Jastrzębski Z. (2024) Zasady treningu sportowego. W: P. Cięszczyk (red.), *Fizjologia wysiłku* (s. 257–294). Łódź: PZWL.
- Johnson L.R. (red.) (2003). *Essential Medical Physiology*. Elsevier.
- Koprowski P. (2023). Znaczenie obręczy barkowej u pacjenta z zaburzeniami miofunkcjonalnymi. *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis. Studia Logopaedica*, 389(7), 47–60, <https://doi.org/10.24917/20837283.7.5> (dostęp: 2.11.2024).
- Maffetone P. (2021). *Trening wytrzymałościowy*. Łódź: Galatyka.

- Miranda J., Cullins P.D., Brittany N., Krekeler M.S., Nadine P., Connor P.D. (2017). Differential impact of tongue exercise on intrinsic lingual muscles. *The Laryngoscope*, 128(10), 2245–2251, <https://doi.org/10.1002/lary.27044> (dostęp: 2.11.2024).
- Norton N.S. (2018). *Atlas anatomii głowy i szyi dla stomatologów Nettera*. Wrocław: Edra Urban & Partner.
- Narkiewicz O., Moryś J. (2010). *Anatomia człowieka. Podręcznik dla studentów medycyny* (t. 4). Warszawa: PZWL.
- Masgutowa S., Regner A. (2018). *Rozwój mowy dziecka w świetle integracji sensomotorycznej*. Wrocław: Continuo.
- Ozone K., Kokubun T., Takahata K., Takahashi H., Yoneno M., Oka Y., ... & Kanemura N. (2021). Structural and pathological changes in the enthesis are influenced by the muscle contraction type during exercise. *Journal of Orthopaedic Research*, 40(9), 2076–2088, <https://doi.org/10.1002/jor.25233> (dostęp: 2.11.2024).
- Rassier D.E. (2017). Sarcomere mechanics in striated muscles: from molecules to sarcomeres to cells. *American Journal of Physiology-Cell Physiology*, 313(2), C134–C145, <https://doi.org/10.1152/ajpcell.00050.2017> (dostęp: 2.11.2024).
- Rippetoe M., Baker A. (2019). *Programowanie treningu siłowego*. Łódź: Galaktyka
- Rogers A.P. (1918). Exercises for the development of the muscles of the face, with a view to increasing their functional activity. *The Dental Cosmos*, 60(10), 857–876, <https://www.radianceomt.ca/wp-content/uploads/2019/04/Rogers-AP-%E2%80%93-1918-%E2%80%93-Exercises-for-the-development-of-the-muscles-of-the-face-with-a-view-to-increasing-their-functional-activity.pdf> (dostęp: 2.11.2024).
- Rządźka M. (2019). *Odruchy oralne u noworodków i niemowląt. Diagnostyka i stymulacja*. Kraków: Wydawnictwo Impuls.
- Sanchez B., Li J., Bragos R., & Rutkove S.B. (2014). Differentiation of the intracellular structure of slow-versus fast-twitch muscle fibers through evaluation of the dielectric properties of tissue. *Physics in Medicine and Biology*, 59(10), 2369–2380, <https://doi.org/10.1088/0031-9155/59/10/2369> (dostęp: 2.11.2024).
- Schoenfeld B.J., Grgic J., Van Every D.W., Plotkin D.L. (2021). Loading Recommendations for Muscle Strength, Hypertrophy, and Local Endurance: A Re-Examination of the Repetition Continuum. *Sports*, 9(2), 32, <https://doi.org/10.3390/sports9020032> (dostęp: 2.11.2024).
- Siudak A., Prażak J. (2023). Zaburzenia miofunkcjonalne w kontekście rozwoju motorycznego dziecka – studium przypadku. *Logopedia*, 52(2), 211–224, <https://www.logopedia-ptl.pl/index.php/logopedia/article/view/261> (dostęp: 2.11.2024).
- Stål P., Marklund S., Thornell L., Paul R.D., & Eriksson P. (2003). Fibre composition of human intrinsic tongue muscles. *Cells Tissues Organs*, 173(3), 147–161, <https://doi.org/10.1159/000069470>
- Stone M., Woo J., Lee J., Poole T., Seagraves A., Chung M., ... Blemker S.S. (2016). Structure and variability in human tongue muscle anatomy. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering: Imaging & Visualization*, 6(5), 499–507, <https://doi.org/10.1080/21681163.2016.1162752> (dostęp: 2.11.2024).
- Wacka W., Morawin B., Zambroń-Łacny A. (2024). Budowa funkcji mięśni szkieletowych. W: P. Cieszczyk (red.), *Fizjologia wysiłku* (s. 1–19). Łódź: PZWL.
- Walters T., Cordoza G. (2024). *Tajniki rehabilitacji*. Łódź: Galaktyka.
- Willingham T.B., Kim Y., Lindberg E., & Bleck C.K.E. (2020). The unified myofibrillar matrix for force generation in muscle. *Nature Communications*, 11(1), 3722, <https://doi.org/10.1038/s41467-020-17579-6> (dostęp: 2.11.2024).

- Wilson J.M., Loenneke J.P., Jo E., Wilson G.J., Zourdos M.C., Kim J.-S. (2012). The Effects of Endurance, Strength, and Power Training on Muscle Fiber Type Shifting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(6), 1724–1729, <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318234eb6f> (dostęp: 2.11.2024).
- Zhang W., Liu Y., & Zhang H. (2021). Extracellular matrix: an important regulator of cell functions and skeletal muscle development. *Cell & Bioscience*, 11(1), 65, <https://doi.org/10.1186/s13578-021-00579-4> (dostęp: 2.11.2024).

